



648.43545X00

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applicant(s): M. YAKUSHIJI, *et al*

Serial No.: 10/787,461

Filed: February 27, 2004

Title: PLASMA ETCHING APPARATUS AND PLASMA ETCHING METHOD

LETTER CLAIMING RIGHT OF PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

April 20, 2004

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119 and 37 CFR 1.55, the applicant(s) hereby
claim(s) the right of priority based on:

Japanese Patent Application No. 2003-199208
Filed: July 18, 2003

Certified copies of said Japanese Patent Applications are attached.

Respectfully submitted,

ANTONELLI, TERRY, STOUT & KRAUS, LLP

William I. Solomon

Registration No.: 28,565

WIS/rr
Attachment

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 7月18日
Date of Application:

出願番号 特願2003-199208
Application Number:

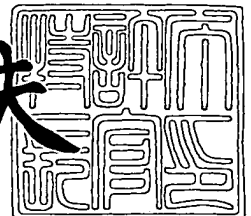
[ST. 10/C]: [JP 2003-199208]

出願人 株式会社日立ハイテクノロジーズ
Applicant(s):

2004年 3月 2日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



出証番号 出証特2004-3015523

【書類名】 特許願

【整理番号】 KS113

【提出日】 平成15年 7月18日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/306

【発明者】

 【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社日立製作
 所 笠戸事業部内

 【氏名】 薬師寺 守

【発明者】

 【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社日立製作
 所 笠戸事業部内

 【氏名】 大本 豊

【発明者】

 【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社日立製作
 所 笠戸事業部内

 【氏名】 福山 良次

【発明者】

 【住所又は居所】 山口県下松市大字東豊井 7 9 4 番地 株式会社日立ハイ
 テクノロジーズ内

 【氏名】 渡辺 克哉

【特許出願人】

 【識別番号】 501387839

 【氏名又は名称】 株式会社日立ハイテクノロジーズ

【代理人】

 【識別番号】 100093492

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 鈴木 市郎

 【電話番号】 03-3591-8550

【選任した代理人】

【識別番号】 100078134

【弁理士】

【氏名又は名称】 武 顕次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 113584

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0211204

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 有機膜のエッチングを行なうプラズマエッチング装置において、

被処理基板の外周部に半導体のリングを設置し、該リングにバイアス電圧を印加するようにしたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 2】 請求項 1 記載のプラズマエッチング装置において、
処理室の内壁面にカーボン材料の樹脂層を設けたことを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 3】 請求項 1 記載のプラズマエッチング装置において、
エッチングガスに一酸化炭素ガスを添加することを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 4】 請求項 1 記載のプラズマエッチング装置において、
エッチングガスにメタンガスを添加することを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 5】 請求項 1 記載のプラズマエッチング装置において、
前記被処理基板の被エッチング面積に応じて、前記リングと電極との間に配設されるサセプター部材の材質または寸法の少なくとも何れか一方を調整することを特徴とするプラズマエッチング装置。

【請求項 6】 有機膜のエッチングを行なうプラズマエッチング方法において、

被処理基板の外周部に半導体のリングを設置して、該リングにバイアス電圧を印加し、この印加するバイアス電圧を制御することで、前記リング上へのシリコン系反応生成物の堆積度合いを制御することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 7】 請求項 6 記載のプラズマエッチング方法において、
処理室の内壁面にカーボン材料の樹脂層を設けたことを特徴とするプラズマエッチング方法。

【請求項 8】 請求項 6 記載のプラズマエッチング方法において、エッチングガスに炭素を含んだガスを添加することを特徴とするプラズマエッチング方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマエッチング装置およびプラズマエッチング方法に係り、特に、低誘電率の配線層絶縁膜材料の加工に好適なプラズマ処理技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

半導体デバイスの高速化に伴って、微細化だけでなく、低抵抗化のために配線材料も Cu へ移行している。しかし、配線材料として Cu を採用した場合には、Cu のドライエッチングが技術的に困難なことから、Cu 配線の周囲に配置する層間絶縁膜を先にエッチングした後、メッキ処理等により Cu を埋め込み、平坦化 CMP (Chemical Mechanical Polishing) 処理により、余分な Cu を削り取って配線パターンとして形成する、ダマシン (Damascene) 技術が採用されている。

【0003】

ところで、半導体デバイス製造工程では、たとえば成膜、エッチング、アッシングなどの微細加工プロセスで、プラズマ処理装置が広く用いられている。プラズマ処理によるプロセスは、真空チャンバー (リアクタ) 内部に導入されたプロセスガスをプラズマ発生手段によりプラズマ化し、半導体ウエハ表面で反応させて微細加工を行なうとともに、揮発性の反応生成物を排気することにより、所定の処理を行なうものである。

【0004】

このプラズマ処理プロセスでは、リアクタ内壁やウエハの温度、あるいは内壁への反応生成物の堆積状態が、プロセスに大きな影響を及ぼす。また、リアクタ内部に堆積した反応生成物が剥離すると、発塵の原因となって、素子特性の劣化や歩留まりの低下につながる。このため、プラズマ処理装置においては、プロセ

スを安定に保ちかつ異物の発生を抑制するために、リアクタ内部の温度や表面への反応生成物の堆積を制御し、迅速に排気することが重要である。

【0005】

たとえば、平行平板型のプラズマ処理装置において、クランプリング（被処理体保持手段）、フォーカスリング（プラズマ集中手段）の少なくとも一方に、プラズマ処理により生じる反応生成物が付着しない温度に昇温・維持させる加熱手段を設けた装置が知られている（特許文献1参照）。この加熱手段としては抵抗発熱体を用いており、加熱により反応生成物の付着が防止できるので、反応生成物の剥離や、被処理基板への異物の付着が低減される。

【0006】

【特許文献1】

特開平5-275385号公報

【0007】

【発明が解決しようとする課題】

上記したように、プラズマ処理装置では、エッチングにより発生する反応生成物を迅速に排気し、かつチャンバー内壁面への反応生成物の堆積を制御する必要がある。

【0008】

しかしながら、ハードマスク（例えば SiO_2 ）構造の有機膜のエッチングにおいては、シリコン（ Si ）系反応生成物が起因と推定される異物の発生が問題となっている。シリコン系異物の発生原因は、ハードマスクおよびチャンバーを構成する部材がエッチングあるいはスパッタリングされて発生すると考えられている。発生したシリコン系異物は、チャンバーを構成する部材に一定量堆積し、その後剥離することで、ウエハ基板へ付着する。また、極微小な異物が被エッチング膜に付着することで、マイクロマスクを形成し残渣が発生する。

【0009】

本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、有機膜をエッチングするプラズマ処理において、エッチング特性および加工形状を劣化させることなく、被処理基板への異物の付着を抑制可能とする

ことにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

上記した目的を達成するために、本願による代表的な1つの発明では、有機膜のエッチングを行なうプラズマエッチング装置において、被処理基板の外周部に半導体（例えばシリコン材）のリングを設置し、このリングにバイアス電圧を印加するように、構成する。このように、被処理基板の外周部に半導体からなるリングを設置し、リングにバイアス電圧を印加することで、プラズマ処理で発生するSi系反応生成物とリング表面との反応を適応的に制御でき、プラズマ処理で発生するSi系反応生成物を同材質のリングの上に安定的に堆積でき、これにより、被処理基板での異物の発生を抑制できる。さらに、このようにリングにバイアス電圧を印加することで表面での反応を制御し、反応生成物の堆積速度を抑制する。堆積を抑制された反応生成物は、再び気相中に入り、排気される確率を高めることができるので、結果として被処理基板へ付着する異物量を低減できる。

【0011】

さらに、プラズマ処理室の内壁面に、カーボン材質の樹脂層を設ける。これにより、樹脂の一部や全体がエッチングあるいはスパッタされ、プラズマ中にその成分が放出される場合、樹脂はカーボン（C）が主成分であるため、ハードマスクおよびチャンバーを構成する部材がエッチングあるいはスパッタリングされて発生するシリコン（Si）と結合エネルギーが高いため、容易に反応し排気される。また、樹脂表面に堆積する場合においても、同様に、結合エネルギーが高いため、他のチャンバーを構成する部材と比較して、より厚く、かつ、安定的に堆積する。

【0012】

さらに、一酸化炭素（CO）、またはメタンガス（CH₄）、またはガス取扱い容易なアルゴンガス（Ar）によって希釈したAr+CH₄ガスなどの、カーボン成分を含むガスを、エッチングガスである窒素（N₂）と水素（H₂）の混合ガス、あるいは、アンモニア（NH₃）などに添加し、処理室（チャンバー）内に供給する。これにより、シリコンが容易にカーボンと結合し排気され、異物

量が低減できる。

【0013】

さらに、被処理基板の被エッチング面積に応じて、半導体のリングと電極との間に配設される部材の、材質または寸法の少なくとも何れか一方を調整する。これにより、リングに印加されるバイアス電圧が好適に制御され、Si系反応生成物をリングの上に安定的に堆積でき、被処理基板での異物の発生を抑制できる。

【0014】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を、図面を用いて説明する。

【0015】

図1は、本発明の各実施形態で用いられる、UHF波ECRプラズマエッチング装置の概略構成を示す断面図である。図1において、100は処理室、101は上部アンテナ、102は高周波電源、103はマッチング・フィルタ回路、104はコイル、105はプラズマ、106はカーボン材料の樹脂層である側壁スリーブ、107はウエハ基板載置電極、108はウエハ基板（被処理基板）、109はマッチング・フィルタ回路、110はRFバイアス電源、111は半導体（例えばシリコン材）よりなる試料台リング、112はサセプター部材としての誘電体、113はターボポンプである。

【0016】

図1に示したプラズマエッチング装置において、真空排気した処理室100内には、エッチングガスである窒素（ N_2 ）と水素（ H_2 ）の混合ガス、あるいは、アンモニア（ NH_3 ）等が、図示割愛してあるが、ボンベからガス配管、マスフローコントローラを介して、上部アンテナ101の表面に設けられた微細な孔から、シャワー状に供給される。また、必要に応じ、加工形状および膜質に影響を与えない少量の一酸化炭素（CO）、メタン（ CH_4 ）等のカーボン成分を含むガスが、処理室100内に同様に供給される。このとき、可変バルブにより、所望の圧力に調整する。

【0017】

また、高周波電源102（ここでは例えば、周波数450MHzのUHF電源

および周波数 13.56 MHz の RF 電源) から発生させた高周波を、マッチング・フィルタ回路 103、上部アンテナ 101 を介して処理室 100 内に導入する。これにより、処理室 100 の周辺に配置されたコイル 104 により形成された磁場と UHF 波の電源との相互作用により、ECR 放電が生じ、エッチングガスを解離しプラズマ 105 を形成する。

【0018】

処理室 100 内の下方に設けられたウエハ基板載置電極 107 上には、ここでは例えば直径 200 mm のウエハ基板 108 が載置されており、ウエハ基板載置電極 107 には、ここでは例えば 800 KHz の RF バイアス電源 110 が、マッチング・フィルタ回路 109 を介して接続されている。これにより、プラズマ中のイオンをウエハ基板 108 上に引き込み、表面に吸着したラジカルとの相互作用によるイオンアシスト反応により、異方性エッチングを進行させる。エッチング中に生成した反応生成物は、ターボポンプ 113 により排気される。

【0019】

本発明の各実施形態では、ウエハ基板 108 の外周部に、半導体よりなる試料台リング 111 が、アルミナよりなる誘電体 112 (ただし、後述する第 4 実施形態では、ジルコニアよりなる誘電体 112 である) を介して、ウエハ基板載置電極 107 上に設置されている。試料台リング 111 としては、直径 200 mm で厚みが 0.6 mm のウエハ基板 108 に対して、例えば、内径が 200 mm 強、外径が 300 ~ 350 mm 程度で、厚みが 3 mm 程度のものが用いられる。この試料台リング 111 には、ウエハ基板載置電極 107、誘電体 112 を介して、RF バイアス電源 110 からバイアス電圧 (バイアス電力) の一部を漏洩させる。試料台リング 111 へのウエハ載置電極 107 からの RF バイアス漏れ量は、誘電体 112 の材質および/または形状の変更によって調整し、ハードマスクの面積比率の異なる有機膜のエッチングに対しても、試料台リング 111 への Si 系反応生成物の堆積が目標値と略一致するように安定的に行なわれ、これにより、ウエハ基板 108 における異物発生量を管理値以下に抑制することができるように、被処理基板 (ウエハ基板 108) の被エッチング面積に応じて、RF バイアス漏れ量を好適値に調整する。つまり、試料台リング 111 への Si 系反応

生成物の堆積は、異物発生量が管理値以下に抑制でき、かつ、例えばロット毎の処理の間に実施されるクリーニングプロセスが到来するまでの間に、試料台リング 111 からの Si 系反応生成物の剥離が発生しないことが保証されるように制御する。

【0020】

また、本発明の各実施形態では、処理室 100 の内壁には、樹脂層としてポリエーテルイミド製の側壁スリーブ 106 を設け、これにより、側壁スリーブ 106 がエッチングあるいはスパッタされて、処理室 100 中にカーボン成分が生成されるように構成している。このように、プラズマによるエッチングおよびスパッタリングにより生成されたカーボン成分は、プラズマによって生成される Si 系反応生成物（シリコン）との結合エネルギーが高いため、Si 系反応生成物はカーボン成分と容易に反応して結合され、効率的に排気される。また、樹脂層表面に堆積する場合においても、同様に、結合エネルギーが高いため、他のチャンバー（処理室）を構成する部材と比較して、より厚く、かつ、安定的に Si 系反応生成物が堆積する。

【0021】

上記したように、ウエハ基板 108 の周りの試料台リング 111 が、ウエハ基板 108 をガードするように Si 系反応生成物の堆積を担うこと、および、側壁スリーブ 106 がエッチングあるいはスパッタされることで生成されたカーボン成分が Si 系反応生成物と容易に結合して、排気され易くなることなどが相まって、有機膜の特性および加工形状を劣化させることなく、ウエハ基板 108 での異物の発生と残渣の形成を抑制することが可能となる。

【0022】

さらに、エッチングガスに炭素を含んだガスを添加するようになれば、Si 系反応生成物が供給されたガス中のカーボンと結合して、より一層排気され易くなるので、異物の発生がより一層低減可能となる。

【0023】

<第 1 実施形態>

上述したように、ウエハ基板 108 の外周部に半導体よりなる試料台リング 1

11を配置し、この試料台リング111にバイアス電圧を印加するとともに、処理室100の内壁にカーボン材料の樹脂膜（ポリエーテルイミド製の側壁スリーブ106）を設けたプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして NH_3 を用い、図2に示すエッチング処理条件で、ハードマスク構造の有機膜（ハードマスク面積比50%）をもつウエハを300枚連続してエッチング処理した。処理したウエハを検査したところ、全てのウエハ基板108で残渣なく、異物は管理基準以下で、かつ、良好な加工形状を得られることが確認された。

【0024】

<第2実施形態>

上述したように、ウエハ基板108の外周部に半導体よりなる試料台リング111を配置し、この試料台リング111にバイアス電圧を印加するとともに、処理室100の内壁にカーボン材料の樹脂膜（ポリエーテルイミド製の側壁スリーブ106）を設けたプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして NH_3 を用いるとともに、エッチングガスの添加ガスとして、加工形状および膜質に影響を与えない少量の一酸化炭素ガス（ CO ）を処理室100に供給し、図3に示すエッチング処理条件で、ハードマスク構造の有機膜（ハードマスク面積比50%）をもつウエハを300枚連続してエッチング処理した。処理したウエハを検査したところ、全てのウエハ基板108で残渣なく、異物は管理基準以下で、かつ、良好な加工形状を得られることが確認された。

【0025】

<第3実施形態>

上述したように、ウエハ基板108の外周部に半導体よりなる試料台リング111を配置し、この試料台リング111にバイアス電圧を印加するとともに、処理室100の内壁にカーボン材料の樹脂膜（ポリエーテルイミド製の側壁スリーブ106）を設けたプラズマエッチング装置において、エッチングガスとして NH_3 を用いるとともに、エッチングガスの添加ガスとして、加工形状および膜質に影響を与えない少量の、かつガス取扱い容易なアルゴンガス（ Ar ）によってメタンガス（ CH_4 ）を希釈した $\text{Ar} + \text{CH}_4$ ガスを、処理室100に供給し、図4に示すエッチング処理条件で、ハードマスク構造の有機膜（ハードマスク面

積比50%)をもつウエハを300枚連続してエッチング処理した。処理したウエハを検査したところ、全てのウエハ基板108で残渣なく、異物は管理基準以下で、かつ、良好な加工形状を得られることが確認された。

【0026】

<第4実施形態>

本実施形態では、前記第1～第3実施形態におけるアルミナよりなる誘電体112に代替して、アルミナより誘電率の高い例えばジルコニアを用いて、第3実施形態と同様のエッチング処理条件で、ハードマスク構造の有機膜（ハードマスク面積比70%）をもつウエハを300枚連続してエッチング処理した。処理したウエハを検査したところ、全てのウエハ基板108で残渣なく、異物は管理基準以下で、かつ、良好な加工形状を得られることが確認された。なお、本実施形態では、サセプター部材としてジルコニアを用いたが、これに限るものではない。

【0027】

なおまた、本実施形態では、マスク面積比70%の有機膜に対し、処理を行なったが、さらにマスク面積比の大きいウエハ基板に対しては、誘電体112に替えて、アルミニウムなどの導電材料を用いることで、同様の効果を得ることができると確認された。

【0028】

図5は、従来技術と本発明の前記第2実施形態における、有機膜エッチング速度、対HM（ハードマスク）選択比、ウエハ1枚当たりの異物数（ $0.20\mu\text{m}$ 以上）、残渣の有無を、それぞれ対比した図である。同図より明らかなように、本発明では、従来よりもエッチング速度は若干遅くなるものの実用上問題のないエッチング速度が確保され、その他の点では、対HM選択比が向上し、また、異物数は従来技術よりも1オーダー少なく管理基準以下を容易にクリアでき、残渣もなく、以って、有機膜の特性および加工形状を劣化させることなく、異物の発生と残渣の形成を抑制することができる。

【0029】

図6は、本発明の前記第4実施形態における、誘電率を変化させた場合の、異

物数、残渣量を、それぞれ対比した図である。同図より明らかなように、本発明の適用範囲内であれば、異物数は管理基準以下を容易にクリアでき、残渣もなく、以って、有機膜の特性および加工形状を劣化させることなく、異物の発生と残渣の形成を抑制することができる。

【0030】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、有機膜のプラズマエッチング処理において、有機膜の特性および加工形状を劣化させることなく、異物の発生と残渣の形成を抑制することが可能となり、以って、信頼性の高い半導体デバイスの製造に大きく貢献することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の各実施形態で用いられるUHF波ECRプラズマエッチング装置の概略構成を示す断面図である。

【図2】

本発明の第1実施形態におけるエッチング処理条件を示す表図である。

【図3】

本発明の第2実施形態におけるエッチング処理条件を示す表図である。

【図4】

本発明の第3、第4実施形態におけるエッチング処理条件を示す表図である。

【図5】

従来技術と本発明における、有機膜エッチング速度、対HM選択比、異物数、残渣の有無をそれぞれ対比した表図である。

【図6】

本発明の第4実施形態における、誘電率を変化させた場合の、異物数、残渣量を、それぞれ対比したグラフ図である。

【符号の説明】

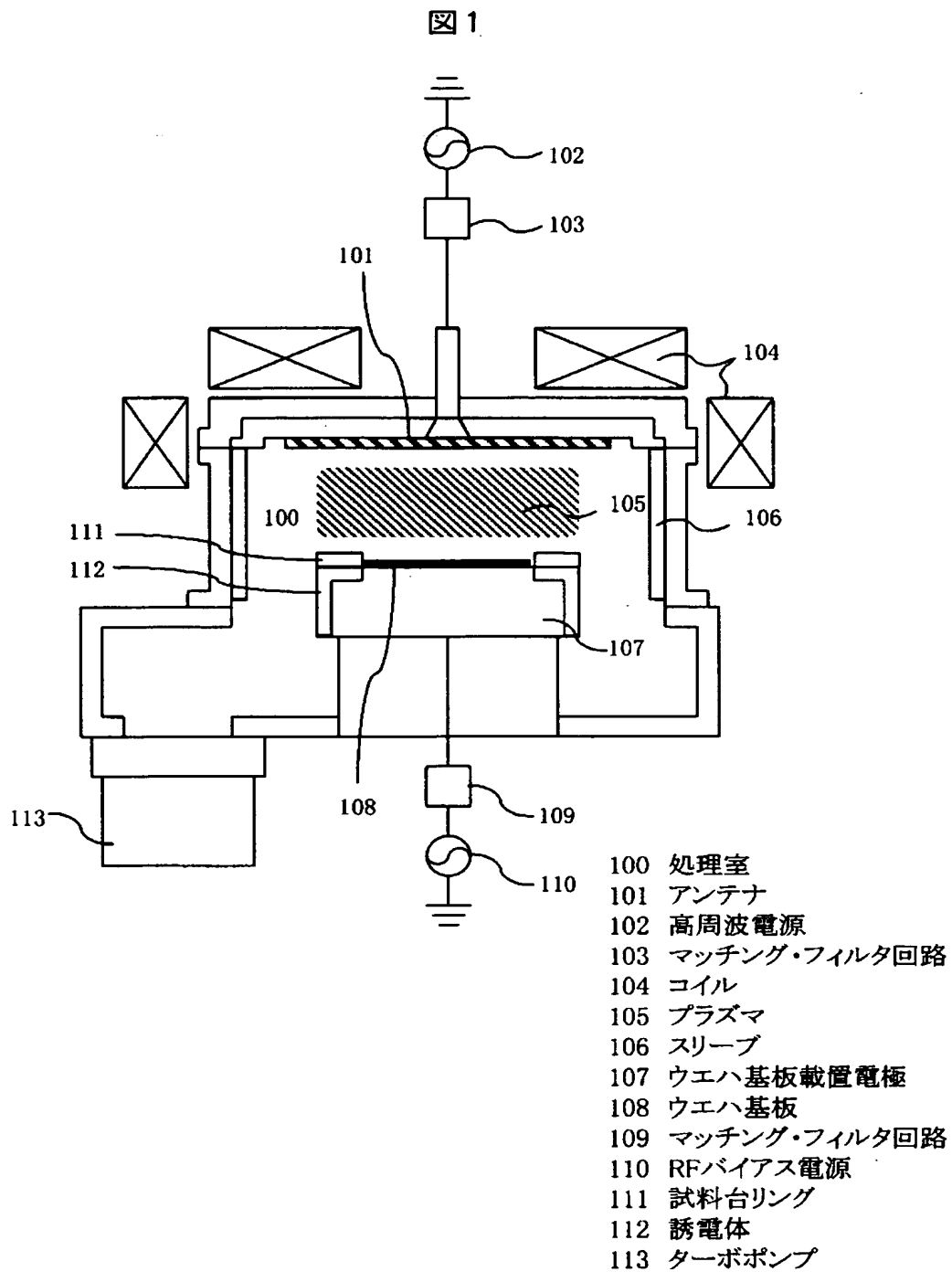
100 処理室

101 上部アンテナ

- 1 0 2 高周波電源
- 1 0 3 マッチング・フィルタ回路
- 1 0 4 コイル
- 1 0 5 プラズマ
- 1 0 6 側壁スリーブ
- 1 0 7 ウエハ基板載置電極
- 1 0 8 ウエハ基板
- 1 0 9 マッチング・フィルタ回路
- 1 1 0 R F バイアス電源
- 1 1 1 試料台リング
- 1 1 2 誘電体
- 1 1 3 ターボポンプ

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】

図 2

プラズマソース電力	1000W
NH ₃ 流量	125ml/min
処理圧力	0.5Pa
ウエハ基板温度	20℃
基板印加電力	850W(8インチウエハ)

【図 3】

図 3

プラズマソース電力	1000W
NH ₃ 流量	125ml/min
CO流量	50ml/min
処理圧力	0.7Pa
ウエハ基板温度	20℃
基板印加電力	850W(8インチウエハ)

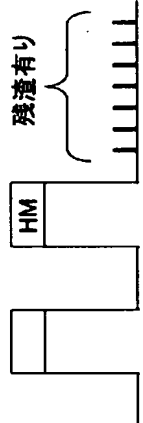
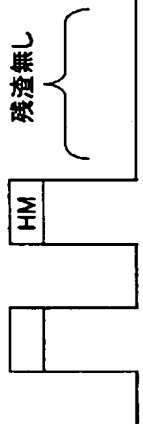
【図 4】

図 4

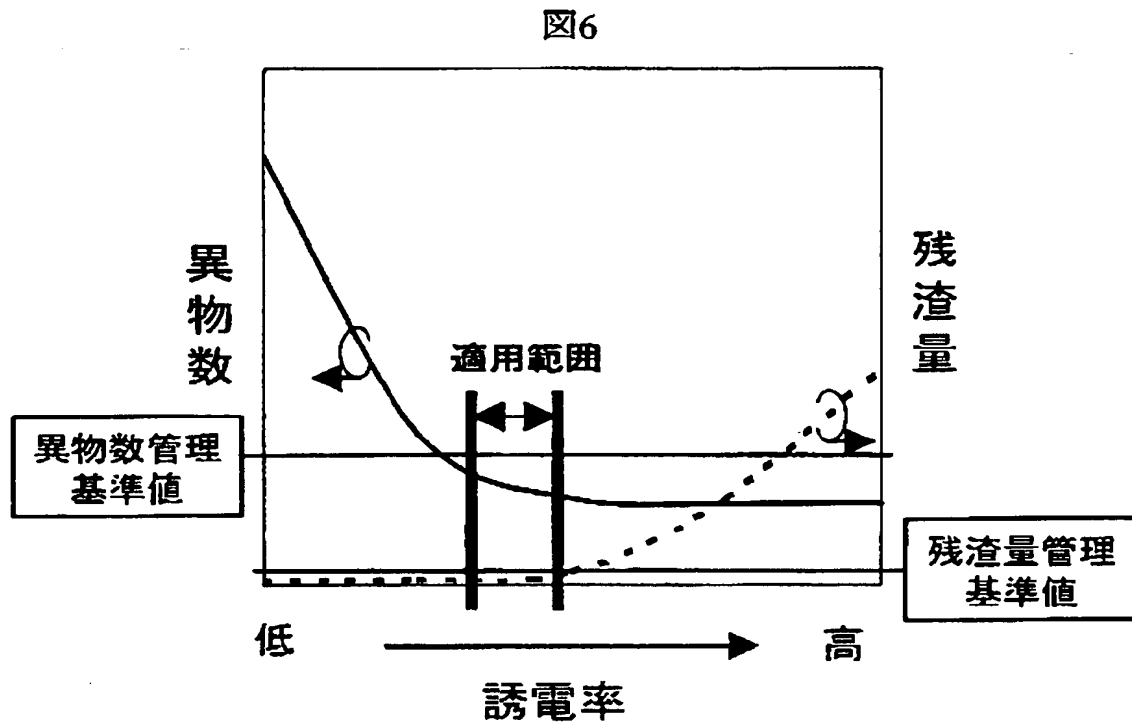
プラズマソース電力	1000W
NH ₃ 流量	125ml/min
Ar+CH ₄ 流量	375ml/min
処理圧力	2.0Pa
ウェハ基板温度	20℃
基板印加電力	850W(8インチウェハ)

【図 5】

図 5

	従来技術	本発明
有機膜 エッチング 速度	488(nm/min)	405(nm/min)
対HM 選択比	44(-)	59(-)
異物数 0.20 μ m以上	224(個)	25(個)
残渣		

【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 有機膜をエッチングするプラズマ処理において、エッチング特性および加工形状を劣化させることなく、被処理基板への異物の付着を抑制可能とすること。

【解決手段】 有機膜のエッチングを行なうプラズマエッチング装置において、被処理基板の外周部に半導体のリングを設置し、リングにバイアス電圧を印加する。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 1 9 9 2 0 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [5 0 1 3 8 7 8 3 9]

1. 変更年月日	2 0 0 1 年 1 0 月 3 日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区西新橋一丁目 2 4 番 1 4 号
氏 名	株式会社日立ハイテクノロジーズ